ギ酸カルシウム剤によるリンゴの摘花

荒川 修^{1*}・石川勝規^{2**}・小原 繁^{2***}・小野田和夫²・福田博之¹

¹ 弘前大学農学生命科学部 036-8561 青森県弘前市文京町 3

² 岩手県農業研究センター 024-0003 岩手県北上市成田 20-1

Flower Thinning with Calcium Formate in Apple Trees

Osamu Arakawa^{1*}, Katsunori Ishikawa^{2**}, Shigeru Obara^{2***}, Kazuo Onoda², Hiroyuki Fukuda¹

¹ Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Hirosaki, Aomori 036-8561

² Iwate Agricultural Research Center, 20-1 Narita, Kitakami, Iwate 024-0003

Summary

The effects of calcium formate application on apple fruit (*Malus domestica* Borkh.) set were examined. Spraying with calcium formate after full bloom reduced the fruit set. Spraying caused injury to stigmas and petals, and inhibited pollen germination and pollen tube growth in the style. Thus, these effects of calcium formate seemed to prevent fertilization and induce floral abscission. Spraying with calcium formate at 1.0% proved to be effective for flower thinning without a negative effect on fruit quality.

キーワード: ギ酸カルシウム, 花柱, 花粉, リンゴ, 摘花

緒 言

リンゴ栽培において、摘果は良品生産に不可欠な作業であるが、多くの労力を必要とする。薬剤による摘花(果)については、現在日本では、摘花剤としては石灰硫黄合剤が、摘果剤としてはカーバリル剤が主に使われている(横田・塚原, 2000; 工藤, 2000; 柴, 1990)が、石灰硫黄合剤はミツバチやマメコバチに直接的な害はないものの、養蜂業者にはその臭いから嫌われている。また、カーバリル剤は殺虫剤であるために、最近の減農薬への関心の高まりなどから、今後も継続的に使用していくことは問題である。諸外国ではオーキシシン類も使われているが(Wertheim, 2000)、果実肥大を抑制するなどの副次的な影響から日本では使われていない。これらのことから、新しい摘花(果)剤の開発は、急務の課題である。近年、ギ酸カルシウムが摘花効果をもつことが知られてから、種々の果樹でその実用化に向けて試験が行われてきた(平塚ら, 2002)。このギ酸カルシウム剤によるリンゴにおける摘果の実用化に関しては、岩手県においても長

年試験を積み重ねてきたが、年によって摘果効果が異なることが観察されている。従って、実用化のためにはその作用機作を明らかにし、特性を良く理解することが必要であると考えられる。そこで、本研究ではギ酸カルシウムのリンゴに対する摘花効果とその作用機作について総合的に検討した。

材料および方法

1. ギ酸カルシウム処理が結実に及ぼす影響

岩手県北上市の岩手県農業研究センターにおいて、2000年に、M.9台‘ふじ’並びにM.26台‘ジョナゴールド’およびJM8台‘ジョナゴールド’の8年生樹を供試し、ギ酸カルシウム剤(98.3%, 晃栄化学工業株式会社)の処理濃度を1, 0.5, 0.33%として、また石灰硫黄合剤を1%で供試した。‘ふじ’は5月14日に人工受粉を実施し、ギ酸カルシウムは15日および18日に処理、石灰硫黄合剤は16日および18日に散布した。‘ジョナゴールド’は5月12日に人工受粉を実施し、両剤とも15日および17日に処理した。処理単位は側枝ごとに行い、4反復とし、‘ジョナゴールド’は6月2日に、‘ふじ’は6月5日に結実率を調査した。また、1999年にM.9台の‘千秋’(8年生)を用いて、バルーン期に1果そう2~3花に調整し被袋処理を行った。5月11~13日に人工受粉を実施した後、1, 3, 5, 8, 24および48時間後にギ酸カルシウム剤の1%液を

2002年1月28日 受付。2002年8月26日 受理。

本報告の一部は、園芸学会東北支部平成12年度大会で発表した。

*Corresponding author.

**現在:盛岡農業改良普及センター

***現在:盛岡地方振興局

ハンドスプレーで処理し、5月14日に除袋した。対照無処理として人工受粉後除袋区(対照1)、人工受粉2日後除袋区(対照2)を設けた。1処理当たり20果そうとし、6月8日に結実率の調査を行い、6月17日に1果そう1果に摘果後、その摘果果について種子数を調査した。

2. ギ酸カルシウム散布が柱頭の傷害に及ぼす影響

1999年に弘前大学附属生物共生教育研究センター内の圃場から、開花直後の‘ふじ’と‘ジョナゴールド’のそれぞれ10花を採取し、花柄を水に挿した状態で、電動噴霧器(BH566, 松下電池工業株式会社)を使ってギ酸カルシウム剤の0.5%液と1%液を約30cmの距離から10秒間処理した。1日後に、柱頭の褐変程度を、正常、褐変中、褐変大に分けて花柱を採取し、カルシウム含量を測定した。カルシウムの分析は、花柱を乾燥し(未洗浄)、電気炉で灰化後、0.1N HCl溶液に溶解した後に原子吸光分光光度計(Z-8100, 株式会社日立製作所)で測定した。

3. ギ酸カルシウム剤が花粉発芽に及ぼす影響

1999年に開花直後の‘ジョナゴールド’および‘ふじ’の花を採取し、水に挿して、‘あかね’の花粉を人工受粉し

第1図 ギ酸カルシウム剤の散布がリンゴ‘千秋’の結実と種子数に及ぼす影響。対照1は受粉後に除袋, 対照2は受粉2日後に除袋した。

た。そして、1%と0.5%のギ酸カルシウム剤溶液を受粉24時間前、受粉1時間後、受粉24時間後に前述に従って電動噴霧器を用いて散布した。受粉24時間前の処理では、柱頭が著しく褐変しているものは除いて受粉した。処理1日後に花柱を採取し(柱頭が著しく傷害を受けているものは除いて)、ホルマリン:酢酸:70%エタノール(5:5:90)で固定し、70%エタノールに貯蔵したのちに、常法に従って蛍光顕微鏡によって各処理5花の花柱を観察した。

また、厚さ約1mm程度の寒天培地(寒天1%, ショ糖10%)を作製し、その1cm角程度の切片をスライドグラスに載せ、そこに‘王林’の花粉を播種した後にギ酸カルシウム1%液を噴霧した。花粉を播種してから5時間後に顕微鏡で観察した。

結 果

1. ギ酸カルシウム処理が結実に及ぼす影響

ギ酸カルシウムの摘花効果は両品種ともに、いずれの濃度においても確められた。‘ジョナゴールド’では1%の効果は他の濃度に比べて大きかったが、‘ふじ’では、腋芽を除いて濃度による違いは明確でなかった(第1表)。石灰硫黄合剤との比較では、1%でも効果はやや劣った。なお、実用上問題となるような果形・果面・果実品質への影響は認められなかった(データ省略)。被袋した条件下における経時処理と結実率の関係から、人工受粉後8時間までの処理で無処理の70%程度と結実阻害効果が見られたが、24~48時間後の処理では両対照区と同等となった(第1図)。種子数は、受粉後3~8時間後処理では両対照区の50%以下と低く、24時間後、48時間後と増加した。48時間後処理の種子数は無処理と同程度であった。

2. ギ酸カルシウム散布が柱頭の傷害に及ぼす影響

ギ酸カルシウム剤を開花した花に散布すると、花卉の一部と柱頭部が褐変し(第2図)、その効果は1%液で著しかった(第2表)。(‘ふじ’は‘ジョナゴールド’に比べて影響が少ない傾向が認められた。処理後の花柱を採取し、カルシウム含量(付着を含む)を測定したところ、傷

第1表 ギ酸カルシウム剤の散布がリンゴ果実の結実に及ぼす影響

品種	薬剤	濃度(%)	結実率(%)			
			中心果	頂芽側果	全果	腋芽全果
ふじ	ギ酸カルシウム	1.00	55.1±7.4 ^a	65.5±1.4	63.4±2.5	26.2±6.6
	〃	0.50	61.0±6.4	68.6±2.8	67.1±3.4	27.3±3.9
	〃	0.33	51.5±3.9	64.2±5.1	61.7±4.7	39.5±7.0
	石灰硫黄合剤	1.00	65.0±4.3	48.4±8.7	51.9±7.0	17.3±4.1
	対照	-	64.8±9.0	75.2±4.8	73.1±5.3	37.6±1.7
ジョナゴールド	ギ酸カルシウム	1.00	87.8±0.1	35.9±7.7	46.3±6.1	35.6±5.3
	〃	0.50	94.7±2.2	54.8±3.1	62.7±2.7	46.0±1.0
	〃	0.33	97.3±1.1	51.6±6.1	60.4±5.2	55.3±1.2
	石灰硫黄合剤	1.00	88.0±2.4	24.3±7.6	36.8±6.0	31.6±1.3
	対照	-	94.0±2.2	61.7±2.4	68.0±2.3	59.6±3.6

^a平均値±標準誤差(n=4)

第2表 ギ酸カルシウム剤の散布が柱頭の傷害とカルシウム含量に及ぼす影響

品 種	処理濃度 (%)	柱頭の褐変程度					
		大		中		正常	
		頻度 (%)	カルシウム含量 (10^{-3} g/花柱)	頻度 (%)	カルシウム含量 (10^{-3} g/花柱)	頻度 (%)	カルシウム含量 (10^{-3} g/花柱)
ジョナゴールド	0.5	0	—	60	—	40	—
	1.0	30	0.041 ± 0.0006^2	70	0.028 ± 0.0025	0	0.025 ± 0.0031
ふじ	0.5	—	—	20	—	80	—
	1.0	—	0.020 ± 0.0015	80	0.017 ± 0.0003	20	0.014 ± 0.0016

²平均値±標準誤差

第3表 ギ酸カルシウム剤がリンゴ柱頭における花粉発芽と花粉管の伸長に及ぼす影響

品 種	処理濃度 (%)	柱頭における花粉の発芽状態別割合 (%)								
		受粉24時間前処理			受粉1時間後処理			受粉24時間後処理		
		付着量少 ²	伸長異常	正常	付着量少	伸長異常	正常	付着量少	伸長異常	正常
ジョナゴールド	0.5	60	40	0	0	80	20	0	0	100
	1.0	80	20	0	0	100	0	0	0	100
ふじ	0.5	20	80	0	0	40	60	0	40	60
	1.0	20	80	0	20	80	0	0	20	80

各処理に5花供試

²花粉の付着がほとんど無いか、ごく少量 第2図 ギ酸カルシウム剤の散布によるリンゴ花柱の褐変現象。
品種は‘ジョナゴールド’、ギ酸カルシウム剤1%液 第3図 ギ酸カルシウム剤が培地上での花粉発芽に及ぼす影響。
品種‘王林’、A: 対照、B: ギ酸カルシウム剤1%液処理

考 察

ギ酸カルシウムの散布はリンゴの結実率を低下させることが認められた。また、ギ酸カルシウムは柱頭部に傷害を与えること、傷害は軽微でも柱頭上での花粉の付着や花粉の発芽と花粉管の伸長が抑制されることなどが認められたことから、これらのギ酸カルシウムの影響が結実を阻害しているものと考えられた。ニホンナシの場合には、ギ酸カルシウム剤は花粉の発芽と花粉管の伸長を阻害することが報告されているが、柱頭の傷害は認められていない(平塚ら, 2002)。ギ酸カルシウム剤の濃度とその効果との関係を見ると、柱頭部の傷害は1%で顕著に現れること、また、1%ではほとんど花粉発芽が認められないが、0.5%では正常な発芽も認められることから、1%溶液での処理が確実であることが推察された。この場合、花柱のみならず花卉にも傷害が現れるが、葉や果実には特に影響は認められなかった。‘ふじ’は‘ジョナゴールド’に比べてやや効果が劣る傾向であったが、この点については、その原因を含めてさらに検討中である。

ギ酸カルシウムによる結実阻害が、柱頭部への傷害と花粉発芽および花粉管伸長の阻害によるものであることから、散布時の開花の状態がその効果に大きく影響すると思われる。ギ酸カルシウムによる結実制御のために

害が大きいもののほどカルシウム含量が多かった(第2表)。

3. ギ酸カルシウム剤が花粉発芽に及ぼす影響

蛍光顕微鏡によって柱頭上における花粉発芽を観察したところ、受粉24時間前にギ酸カルシウムを処理したものでは、‘ジョナゴールド’、‘ふじ’とも、1%および0.5%の両濃度で、花粉の付着量が少なく、また、花粉管の伸長に異常が認められ、正常なものは全くなかった(第3表)。受粉1時間後の処理でも花粉管の伸長異常が多かったが、ギ酸カルシウム剤の0.5%処理では正常なものも認められた。受粉24時間後の処理では正常なものが多かったが‘ふじ’では花粉管伸長の異常も認められた。

寒天培地上に播種した花粉にギ酸カルシウム剤の1%溶液を処理したところ、発芽率が減少し、また発芽しても花粉管がわずかに伸びるだけの異常な発芽が認められた(第3図)。

は、開花し花柱が現れてから受精するまでの間に散布しなければならないが、実際に結実に及ぼす影響を見ると、開花後約半日以内に散布することが必要であると言える。従って、中心花の開花1日後から、結実を阻害したい側果(花)や腋芽果花の開花直後が散布適期となろう。実際には、これらの花の開花時期は品種などによっても異なることから(小野田, 未発表), 1回の散布で十分な効果を得ることは難しいと考えられ、実際に今回の散布でも2回行った。また、開花時期と散布時期との関係が地域や年度による効果の違いの要因となっていることが推察される。ギ酸カルシウム溶液処理によって柱頭に傷害がもたらされることが観察されたが、その傷害の程度は、大きいものから軽微なものまで様々認められた。その原因について、ギ酸カルシウム剤の花柱への付着量の違いを推察し、花柱のカルシウム含量(付着量を含む)を分析したところ、柱頭の傷害が大きいものほどカルシウム含量が高いことから、ギ酸カルシウム剤の花柱への付着量の違いが傷害の程度に関係していることが推察された。従って、摘花効果を高めるためには、ギ酸カルシウム溶液が柱頭に十分付着するように散布することが必要であろう。石灰硫黄合剤も柱頭へ傷害を与えることによって結実を抑制することが報告されているが(永沢ら, 1965; 井上, 1967), その散布にあたっては、特に花柱に十分付着するように、噴霧を細かくして散布するように指導されている。

最近、孟ら(2000)はギ酸カルシウム剤に界面活性剤を入れて処理をすると効果が高く、0.5%でも十分な摘花効果を認めている。この場合、前述した花による効果のばらつきについては述べていないが、濃度を下げて効果を上げる方法として興味深い。

ギ酸などの有機酸も結実を抑制することが認められているが(平塚ら, 2002), リンゴの場合には、有機酸は葉にも傷害を与えることが認められており、実用化のためには、その影響や処理濃度についてさらに検討が必要とされている(石川, 未発表)。ギ酸カルシウム剤の1%液は、花柱のみならず花卉にも傷害を与えるが、葉や果実には傷害は認められなかった。

本研究の結果を総合的に考えると、実用化のためには花柱に十分付着するような散布方法の工夫が必要である

が、ギ酸カルシウム剤の作用機作を知り、処理時期を考慮すれば、摘花剤の一つとして実用的に利用可能であると考えられる。

摘 要

ギ酸カルシウム剤によるリンゴの摘花効果について、結実に及ぼす影響と作用機作について検討した。ギ酸カルシウム剤の0.33-1%液を満開後に散布した場合、結実率の低下が認められた。ギ酸カルシウム剤は、柱頭に傷害を与え、また、花粉管の伸長を阻害することから、これらのことが結実を阻害する原因と考えられた。処理濃度に関しては、0.5%でも柱頭の傷害と花粉管の伸長阻害が認められたが、安定的な効果と実際の結実率から、1%での散布が効果的であると考えられた。

謝 辞 ギ酸カルシウムは晃栄化学工業株式会社から試供されたものである。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 井上重雄. 1967. 石灰硫黄合剤の摘果機構について. 園学要旨. 昭42春: 50-51.
- 工藤仁郎. 2000. 薬剤摘果. リンゴ. p. 181-185. 農文協編: 果樹園芸大百科. 農文協. 東京.
- 柴 寿. 1990. 結実の制御および単為結果の誘起. 果樹の生育調節. p. 83-130. 山崎利彦・福田博之・広瀬和栄・野間豊編. 博友社. 東京.
- 永沢勝雄・大野正夫・高橋英吉・吉田亜義. 1965. リンゴの薬剤摘花に関する研究. 千葉大園学報. 13: 9-17.
- 平塚 伸・渡辺 学・河合義隆・前島 勤・川村啓太郎・加藤尉行. 2002. ニホンナシに対するギ酸カルシウムの摘花作用. 園学雑. 71: 62-67.
- 孟 玉平・横田 清・村上正伸・田口芳彦. 2000. リンゴ‘ふじ’におけるCa化合物の摘花効果とその実用化の可能性. 園学要旨. 平12東北支部: 25-26.
- Wertheim, W. J. 2000. Developments in the chemical thinning of apple and pear. Plant Growth Regulation. 31: 85-100.
- 横田 清・塚原一幸. 2000. 果樹における落果の意義とその制御. 植物の化学調節. 35: 194-205.